

VDI-Buch

Flugzeugtriebwerke

Grundlagen, Aero-Thermodynamik, ideale und reale Kreisprozesse, Thermische Turbomaschinen,
Komponenten, Emissionen und Systeme

Bearbeitet von
Willy J.G. Bräunling

4. Auflage 2015. Buch. XLIV, 1979 S. Hardcover
ISBN 978 3 642 34538 8
Format (B x L): 16,8 x 24 cm

[Weitere Fachgebiete > Technik > Maschinenbau Allgemein > Triebwerkstechnik,
Energieübertragung](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of varying sizes, arranged in a slight arc. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Vorwort zur vierten Auflage

Nach wie vor nehme ich mit Wohlwollen zur Kenntnis, dass sich dieses Buch gut verkauft und somit vermutlich auch auf eine interessierte Leserschaft treffen dürfte. Das allein ist Ansporn, sich ein weiteres Mal vor den Bildschirm zu setzen, und die Texte und Bilder nochmals durchzuschauen und zu überarbeiten, auch wenn es von Mal zu Mal schwerer fällt, sich dazu aufzuraffen, um Stunde für Stunde und Tag für Tag und schließlich monatelang auf wohlbekannte Texte und Bilder zu schauen, die nach wie vor irgendwie gelungen auszusehen scheinen und schlussendlich dann doch immer noch Ungenauigkeiten und Fehler enthalten, die man unaufhörlich übersieht, obwohl sie einem neutralen Leser eigentlich sofort in die Augen springen müssten. Diese „Betriebsblindheit“ will einfach nicht weichen und die kleinen Fehlerleufelchen reiben sich immer wieder die Hände vor Freude, wenn sie dem Autor hier und da wieder einmal einen Streich spielen konnten. Ein so umfangreiches Buch, wie das hier vorliegende, ist für einen einzigen Autor, der auch nur Mensch ist, folglich schwer unter Kontrolle zu halten. Hinzu kommt immer noch der Kampf mit der sich in den letzten Jahren veränderten Rechtschreibung, die nach wie vor nicht konsequent und zielgerichtet zu sein scheint. Um dafür ein Beispiel aufzuzeigen, scheint es offensichtlich manche Lesern zu widerstreben, dass aus dem ehemaligen Wort Rauhigkeit inzwischen eine Rauigkeit geworden ist, dass sich Potential in Potenzial gewandelt hat und dass man „st“ inzwischen trennen darf und die so genannten Schreibprogramme so etwas heute selbstständig erledigen, auch wenn es aufwändig ist, was sie vor Jahren noch selbständig und ebenso aufwendig tun mussten. Die Kritik an der Verwendung der neuen Rechtschreibung, die es in der Praxis inzwischen in fünf Varianten gibt, nämlich Dudenempfehlung, Konservativ, Progressiv, Presse und Tolerant, ist somit reichhaltiger, als Kritik an den Inhalten Buches. Wie auch immer, waren die ersten drei Auflagen noch in der progressiven Form der neuen Rechtschreibung gehalten, d. h., gibt es mehrere Schreibweisen eines Wortes, dann wurde immer die gewählt, die mit der neuen Rechtschreibung eingeführt wurde, so habe ich jetzt in dieser vierten Auflage die Schreibweise meiner Texte der so genannten Dudenempfehlung angepasst d. h., gibt es mehrere Schreibweisen eines Wortes, dann wurde die gewählt, die die Dudenredaktion empfiehlt.

Andere Kritikpunkte am Buch waren immer wieder Theorie und Praxis. Für die einen zu viel Theorie und zu wenig Praxis. Für die anderen ist die Darstellung zu idealisiert und

müsste noch viel mehr – ach so wichtige – Details enthalten. Der von mir sehr geschätzte Sänger Reinhard Mey hat zu diesem Thema einmal gereimt¹: „Und ich bedenk was ein jeder zu sagen hat/und schweig fein still/und setz mich auf mein achtel Lorbeerblatt/und mache was ich will.“ Ähnlich denke und handle ich auch, da es nach wie vor mein Anliegen ist, mit diesem Buch einen Einstieg in eine komplexe Materie zu verschaffen und nicht meine Leserschaft mit komprimierten Detailwissen förmlich zu erschlagen, dieses zu vermitteln bleibt nach wie vor der weiterführenden, mehr wissenschaftlichen Literatur überlassen. „Video meliora, proboque; deteriora sequor. (Ich sehe das Bessere, heiße es gut und mache das Schlechtere.)“².

In theory there is no difference between theory and practice. In practice there is.

Lawrence Peter „Yogi“ Berra

Theorie bleibt für mich deswegen auch immer das, was ich praktisch meinen Studenten und Studentinnen zu vermitteln vermag, so dass sie bei allem Abstrakten dennoch begreifen, das es für sie keinen Weg in eine erfolgreiche Praxis ohne Theorie geben kann. Gerne führe ich in diesem Zusammenhang keinen geringeren als Nicolas Léonard Sadi Carnot an, der erkannte, dass man eine Dampfmaschine nicht nur empirisch verbessern kann und sollte, sondern dass es dringend auch geboten erscheint, die zugehörige Theorie vertiefend zu begreifen. Das Ergebnis waren seine bahnbrechenden Ausführungen aus dem Jahr 1824: „*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*“, (Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und die zur Entwicklung dieser Kraft geeigneten Maschinen). Womit ich dann hier im Vorwort wieder den Weg zurück zum Strahlantrieb gefunden habe.

Zu den durchgerechneten Beispielen in diesem Buch möchte ich einmal als Lob für meine Studentinnen und Studenten erwähnen, dass praktisch alle Aufgaben, insbesondere die schwierigeren und aufwendigeren, vollständig oder teilweise Bestandteile meiner Klausuren waren und von dem Gros der Teilnehmer(innen) gut und auch sehr gut bewältigt wurden.

Hamburg, im Januar 2014

Willy J.G. Bräunling

¹ Mit persönlicher Erlaubnis von Reinhard Mey zum Abdrucken seiner Textzeilen an dieser Stelle.

² Publius Ovidius Naso, genannt Ovid. Römischer Dichter (43 v.Chr. – 17 n.Chr.).

Vorwort zur dritten Auflage

Da sich die bisherigen Auflagen dieses Buches schneller als geplant verkauften, wurde ich mehr oder weniger überraschend mit der Anfertigung einer weiteren Auflage konfrontiert. Und da bekanntlich keiner mit nichts zufrieden ist, so wie auch ich bisher noch nie mit einer der Auflagen meines fertigen Buches wirklich zufrieden war, habe ich das gesamte Buch kurzerhand noch einmal vollständig neu überarbeitet, korrigiert, aktualisiert und erweitert. Leider hat das etwas mehr Zeit in Anspruch genommen, als ich ursprünglich dachte.

Die Erweiterungen des Buches betreffen insbesondere die realen Kreisprozesse und die Triebwerkssysteme, da diese beiden thematischen Vervollständigungen des Buches häufig an mich herangetragen wurden. Ich hoffe, dass die Art und Weise, wie ich diese Ergänzungen als Autor angegangen bin, dem Leser nach wie vor die Möglichkeit bieten, den Stoff selbstständig inhaltlich und detailliert nachzuarbeiten, was gerade bei den realen Kreisprozessen nicht immer leicht ist, da es an vielen Stellen fast unmöglich ist, Rechenbeispiele zum Thema so anzubieten, dass sie vom Leser auch „von Hand“ nachvollzogen werden können. Ich habe dennoch versucht, diesen fachlichen „Spagat“ in angemessener Weise anzugehen und deswegen den entsprechenden Stoff zusätzlich mit einem einfachen Programmier-Quellcode versehen, sodass die vorgestellten Rechnungen in jedem Fall für einen Leser vollständig nachvollziehbar bleiben, auch wenn er dazu nun auf einen PC oder Laptop zugreifen und den Quellcode – wie auch immer – dorthin übertragen muss. Eine wirkliche Hürde ist hierin wohl nicht zu sehen.

Das Buch ist nach wie vor so angelegt, dass es insbesondere der Studentenschaft von Fachhochschulen, Technischen Hochschulen und Universitäten und sonst wie Interessierten an dem Fachgebiet der Flugzeugantriebe und Turbomaschinen einen übersichtlichen und möglichst einfachen – aber dennoch vollständigen Weg in die Thematik aufzeigt. Der angebotene Stoff kann dabei zusätzlich anhand einiger konzentrierter Beispiele selbstständig eingeübt und vertieft werden. Das Buch ist damit also als eine Art Kompendium (oder als ein etwas zu umfangreich geratenes Vademekum) anzusehen, dessen Inhalte und didaktischer Aufbau sich in meinem ganz persönlichen alltäglichen Hochschulbetrieb als sehr erfolgreich herausgestellt haben. Damit wäre vielleicht aber auch gesagt, was dieses Buch ganz ausdrücklich nicht sein will, nämlich eine fachlich tief gehende Monografie hoch

spezialisierten Detailwissens. Dieses zu vermitteln bleibt der weiterführenden Literatur überlassen.

In der jetzt vorliegenden Form des Buches soll es die Leserschaft in die Lage versetzen, ein Turbojet- und/oder ein Turbofantriebwerk zu verstehen und durch- bzw. nachzurechnen, und das sowohl ohne als auch mit Einbeziehung von verlustbehafteten Vorgängen. Dabei gehen die Berechnungen ganz bewusst und gezielt nicht über ein vereinfachendes Basiskonzept hinaus, um so die Übersichtlichkeit der Dinge, insbesondere für fachliche Einsteiger, in erfass- und überschaubaren Grenzen zu halten.

Mit dem Buch möchte ich der Leserschaft ein übersichtliches Grundlagenwissen vermitteln, auf dem sie aufbauen und anschließend ihr Wissen – entsprechend ihrer Bedürfnisse – selbst erweitern kann. Basierend auf diesem Konzept, das ich persönlich als Grundlage des Lehrens und Lernens ansehe, soll das Buch nicht dazu dienen, zu zeigen, welchen Grad an fachlicher Kompetenz ich selbst erworben habe und in welchem Maße ich die Leserschaft mit Details „fachlich zu erschlagen“ weiß. Schrieb doch vor gut 350 Jahren der französische Mathematiker, Physiker, Literat und Philosoph Blaise Pascal bereits: „Die besten Bücher sind die, von denen jeder Leser meint, er habe sie selbst machen können“. Daran hat sich bis heute nichts geändert, aber nur dann, wenn man als Autor in der Lage bleibt, sich in seine Leserschaft versetzen zu können, und da ist die Lehre eine für den Lehrenden sehr lehr- und hilfreiche Basis: „Docendo discimus³ – Lehrend lernen wir“.

Hamburg, im Januar 2009

Willy J.G. Bräunling

³ Lucius Annaeus Seneca, genannt Seneca der Jüngere. Römischer Philosoph, Dramatiker, Naturforscher und Staatsmann.

Vorwort zur zweiten Auflage

Die erste Auflage dieses Buches ist vergleichsweise gut angenommen worden, sodass es sich schneller als erwartet ergab, eine weitere Auflage des Buches anzufertigen. Dabei ist das gesamte Buch noch einmal vollständig neu überarbeitet und korrigiert worden, wobei mehr als 80 % aller Bilder überarbeitet bzw. durch aktualisierte Inhalte ersetzt wurden. Unklarheiten und Ungenauigkeiten in einzelnen Formulierungen wurden ebenso nachgearbeitet wie auch einige Unschönheiten bei den Seitenumbrüchen. Hierbei waren mir die diversen Hinweise von Lesern sehr hilfreich.

Trotz mehrfacher Durchsicht enthielt die erste Auflage des Buches zahlreiche Schreibfehler, was für den Leser ärgerlich und den Autor ein wenig peinlich ist. Mit der zweiten Auflage wurde nun versucht, alle bis dahin bekannt gewordenen Errata zu beseitigen. Es steht aber zu befürchten, dass immer noch nicht alle gefunden und durch die Überarbeitung evtl. sogar noch neue hinzugekommen sind. Die hier im Buch vorliegenden Texte sind zwar durch die Rechtschreib- und Grammatikkontrolle von Microsoft® WORD™ 2003 gelaufen, ebenso wie durch die Rechtschreibkontrolle des Programms KORREKTOR des Duden-Verlages (<http://www.duden.de>), aber das ist noch lange keine Garantie für Fehlerfreiheit. Das KORREKTOR-Programm ist in seiner derzeitigen Version 2 zwar eine viel Geduld erfordernde und an den Nerven zerrende Leistungsbremse, dafür findet es aber sehr viele Schreib-, Grammatik- und Satzzeichenfehler. Bezogen auf den vorliegenden Buchtext schätze ich, dass das KORREKTOR-Programm sage und schreibe noch weit mehr als 3.000 kleinere und größere Fehler gefunden haben dürfte, die der WORD Rechtschreibkontrolle noch entgangen waren. Der Text des Buches ist nach der neuen deutschen Rechtschreibung verfasst. Als Schreibstil wurde die progressive Variante gewählt, die für die Schreibweise jeweils die neuste Form benutzt, also die, die vor der Rechtschreibreform noch nicht existierte.

Was einem Fachbuchautor an Reaktionen von Lesern auf Schreibfehler so alles an Seltsamkeiten widerfahren kann, hat David Gordon Wilson vortrefflich im Vorwort der zweiten Auflage seines Buches zusammengefasst, Wilson und Korakianitis (1998). Was er so aus seinem Erfahrungsschatz zu berichten weiß, ist schier unglaublich, und ich bin froh, dass ich das nicht so erfahren musste. Er hat dabei auch beschrieben, wie ungeheuer schwierig es ist, trotz aller modernen Hilfsmittel der Textverarbeitung die Fehlerteufel zu

verbannen. Wer es nur einmal versucht hat, einen Text von dem hier vorliegenden Umfang auf Fehlerfreiheit hin zu korrigieren, wird sehr schnell sehr demütigt.

Bei der Überarbeitung der einzelnen Kapitel ergab es sich, einige von ihnen konzeptionell vollständig umzuarbeiten und andere mehr oder weniger umfangreich zu ergänzen und hinsichtlich des ständigen Fortschritts der technischen Entwicklungen zu aktualisieren. Zusätzliche Kapitel zum Triebwerkslärm und zu einer mehr oder weniger allgemein verständlichen Beschreibung der aero- und thermodynamischen Grundlagen vervollständigen die neue Auflage des Buches. Der thermodynamische Teil des Buches wurde um ein sehr aktuelles Triebwerkskonzept, den rekuperativen Turbofan mit Zwischenkühlung, erweitert.

Für die Durchsicht des Kapitels über den Triebwerkslärm und für die hilfreichen Anregungen dazu möchte ich Herrn Dr. Ulf Michel vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Antriebstechnik, Abteilung Turbulenzforschung Berlin, recht herzlich danken. Des Weiteren bedanke ich mich ganz ausdrücklich bei Herrn Flugkapitän Dipl.-Ing. Claus Cordes von der Deutschen Lufthansa für seine fliegerisch-fachliche Beratung zu allen Themen im Buch, die das Triebwerk und seine Bedienung von der Warte eines Flugzeugführers aus behandeln.

Mehrfach ist die Bitte an mich herangetragen worden, zu erläutern, wie das Buch und seine Bilder im Einzelnen entstanden sind. Eine Bitte, der ich hiermit nachkommen möchte. Der Text wurde von mir persönlich auf einem PC unter Verwendung von Microsoft® WORD™ (<http://www.microsoft.com>) verfasst, wobei Texte, Formeln, Bilder und Diagramme bereits im Textverarbeitungsprogramm entsprechend der endgültigen Druckversion zusammengesetzt, gestaltet und angeordnet wurden. Hierzu stellt der Springer-Verlag seinen Autoren neben einer persönlichen Beratung auch eine sehr hilfreiche Broschüre zur Buchgestaltung am PC zur Verfügung. Es hat sich dabei gezeigt, dass eine solchermaßen durchzuführende Texterstellung für ein Buch der vorliegenden Größenordnung für einen Autor nur dann wirtschaftlich durchführbar ist, wenn ein PC überdurchschnittlicher Leistungsfähigkeit zur Verfügung steht, der hinsichtlich Prozessor, Hauptspeicher, Festplatte, Bildschirmgröße und Back-up-System (zur permanenten Datensicherung) nicht mit Ausstattungsmerkmalen geizen muss. Die Formeln im Text wurden mit der so genannten Profiversion des Formel-Editors MathType™ (<http://www.dessci.com>) erstellt. Zu jedem Bild und Diagramm, dem eine Berechnung zu Grunde liegt, existiert ein in FORTRAN 95 (<http://www.lahey.com> und <http://www.getsoft.com>) geschriebenes Programm, das unter Verwendung der kommerziell erwerbbaaren Plotsoftware DISLIN™ (<http://www.dislin.com>) der Max-Planck-Gesellschaft, die entsprechenden Diagramme ausgibt. Eine abschließende Feinbearbeitung aller Bilder und Diagramme wird zu guter Letzt mit dem Programm Corel® DESIGNER™ (<http://www.corel.com>) vorgenommen. Fotos wurden entweder von der Triebwerksindustrie digital zur Verfügung gestellt oder mittels eines Scanners digitalisiert und anschließend mit Adobe® PHOTOSHOP™ (<http://www.adobe.com>) nachbearbeitet.

Für jedes einzelne Kapitel des Buches wurden so separate Textdateien angelegt, deren Größen – je nach Anzahl der Bilder im Kapitel – zwischen 10 und 305 MB schwanken.

Mittels des Programms Adobe® DISTILLER™ erfolgte dann die Umwandlung dieser Textdateien in das PDF-Format, aus dem heraus der Druck des Buches schließlich vorgenommen wird. Der Aufwand, der hier hinsichtlich Hard- und Software erforderlich wird, ist nicht unerheblich und verlangt einen sicheren Umgang mit diesen Technologien, denn die üblen Überraschungen zu beschreiben, die einem Autor hierbei begegnen können, würden ein tragisch-komisches Buch für sich füllen können.

Trotz des hohen Eigenarbeitsanteils an diesem Buch wäre es ohne das freundliche Entgegenkommen und die vertrauensvolle Unterstützung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Springer-Verlages nie wirklich zu Stande gekommen, denen ich deswegen hiermit meinen ausdrücklichen Dank aussprechen möchte. Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Thomas Lehnert (Planung Technik Fachbuch), der immer ein offenes Ohr für meine Anliegen hatte.

Einmal mehr bedanke ich mich ganz innig bei meiner Frau und meinem Sohn, die in relativ kurzem Abstand erneut die aus der Bucherstellung resultierenden familiären Belastungen mit weiterhin beeindruckender äußerlicher Ruhe ertragen haben.

Hamburg, im April 2004

Willy J.G. Bräunling

Vorwort zur ersten Auflage

Das vorliegende Buch ist eine zusammengefasste, und z. T. erweiterte Ausarbeitung der Vorlesungen *Flugzeugtriebwerke* und *Turbomaschinen*, die ich seit 1992 in Hamburg vor Studentinnen und Studenten des Flugzeugbaus im 4. und 5. Semester halte. Wesentliche Grundlagen der Höheren Mathematik, Strömungsmechanik und Thermodynamik können dabei vorausgesetzt werden.

Ergänzend zu den Vorlesungen habe ich den Studenten in den letzten Jahren ein sehr ausführliches Skript zur Verfügung gestellt, mit dem sie – wenn sie es denn wollten – den Stoff erheblich vertiefen konnten. Dieses Skript ist Grundlage des vorliegenden Buches. Auf Grund des Lernprozesses, den auch Lehrende in der Arbeit mit Studierenden erfahren, haben sich Aufbau und Inhalt der Vorlesungen und damit auch des Skripts häufig gewandelt, sodass ich glaube, dass die hier vorliegende Gliederung des zu vermittelnden Stoffes in sich so logisch ist, dass die notwendige Wissensvermittlung folgerichtig Kapitel für Kapitel aufeinander aufbaut.

Im ursprünglichen Skript wurden hinsichtlich der Bedürfnisse der Studenten alle mathematischen Ableitungen vollständig und sehr detailliert dargestellt. Um aber den Umfang des hier vorliegenden Buches in Grenzen zu halten, musste auf diese ausführliche Art der Darstellung verzichtet werden.

Flugzeugtriebwerke sind technisch sehr weit entwickelte und komplexe Maschinen, denen man sich nicht unbedingt sofort mit vollem theoretischem Elan annähern sollte. Eine mehr „populärwissenschaftliche“ Einführung vereinfacht den Einstieg in die Theorie ganz erheblich und schafft eine breite Grundlage, auf der später auch komplizierteste Dinge, mal mehr und mal weniger verständlich, aufgebaut werden können. Aus diesem Grunde habe ich das Buch mit einigen eher beschreibenden Kapiteln beginnen lassen, die es erlauben, eine sehr große Anzahl von grundlegenden Begriffen und technisch/physikalischen Zusammenhängen anschaulich zu definieren. Erst späteren Kapiteln ist es dann vorbehalten, die jeweils erforderliche Theorie hinzuzufügen.

Aero- und Thermodynamik sind die physikalischen Grundlagen für eine Triebwerksauslegung und gehören zu den durchaus anspruchsvolleren ingenieurwissenschaftlichen Fächern. Nur wer eine gewisse Affinität zu diesen Fächern zu verspüren vermag, dem

kann es schließlich auch gelingen, einen tieferen Einblick in die grundlegende Physik der Flugzeugtriebwerke zu erlangen.

Ich selbst habe die Grundlagen der in diesem Buch vorgestellten aero-thermodynamischen Betrachtungsweise der Flugzeugtriebwerke erstmals in den Vorlesungen von Prof. Dipl.-Ing. Otto David(†) an der RWTH-Aachen kennen und schätzen gelernt und später mit den bemerkenswerten Büchern von Prof. Dr. Gordon C. Oates(†) von der University of Washington in Seattle erheblich erweitern können.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Flugzeugtriebwerke sind die thermischen Turbomaschinen, deren Grundlagen ich in den anspruchsvollen Vorlesungen von Prof. Dr.-Ing. H. E. Gallus(†) an der RWTH-Aachen kennen gelernt habe, bei dem ich später auch promovieren konnte. Meine 13-jährige Tätigkeit im DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) in Göttingen hat ganz erheblich zum tieferen Verständnis der Aero-Thermodynamik und der Turbomaschinen beigetragen. Hier hat mich gerade die sehr angenehme und erfolgreiche Zusammenarbeit mit Herrn Dr.-Ing. F. Lehthaus nachhaltig davon überzeugt, dass Gas- und Thermodynamik eine gediegene und anschauliche Einheit sein können.

Für die Durchsicht des Kapitels über die Thermischen Turbomaschinen und für die hilfreichen Anregungen dazu möchte ich meinem ehemaligen Kollegen Herrn Dr. rer. nat. F. Kost vom DLR Göttingen herzlich danken. Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Zingel bin ich zu ausdrücklichem Dank für die kritische Durchsicht der Kap. 1, 2 und 4, 5 sowie 18.1 und 18.10 verpflichtet. Seine Anregungen zu den einzelnen Kapiteln habe ich gerne aufgenommen. Bei meinem Kollegen Herrn Prof. Dr.-Ing. L. Schwarz bedanke ich mich ganz besonders und sehr herzlich für die unkomplizierte Zurverfügungstellung seines Vorlesungsmaterials über hochwarmfeste Legierungen für Turbinen.

Für die freundliche Genehmigung zum Abdrucken diverser Bildquellen (vollständig oder auch nur partiell) möchte ich mich ausdrücklich bei den folgenden Firmen bedanken:

- CFM International S.A., Melun, Frankreich
- General Electric Aircraft Engines, Cincinnati, Ohio, USA
- International Aero Engines (IAE), East Hartford, Connecticut, USA
- MTU Aero Engines, München
- Pratt & Whitney (United Technologies), East Hartford, Connecticut, USA
- Pratt & Whitney Canada Corp., Longueuil, Quebec, Canada
- Rolls-Royce Deutschland, Dahlewitz
- Rolls-Royce International Ltd., London, United Kingdom
- Snecma S.A., Paris, Frankreich

Die Ausarbeitung und Erstellung des fertigen Buchmanuskripts, der Bilder, Diagramme und Beispielaufgaben aus dem bereits bestehenden Vorlesungsmaterial hat neben den alltäglichen und umfangreichen Verpflichtungen in der Lehre weit über ein Jahr an sehr konzentrierter Arbeit erfordert. In diesem Zusammenhang bedanke ich mich ganz innig bei meiner Frau und meinem Sohn, die die daraus resultierenden familiären Belastungen

mit einer beeindruckenden äußerlichen Ruhe ertragen und außerdem auch noch alle zusätzlichen Lasten von mir fern gehalten haben, sodass ich das Buch mehr oder weniger unbeschwert fertig stellen konnte.

Hamburg, im Juni 2000

Willy J.G. Bränling

Flugzeugtriebwerke

Grundlagen, Aero-Thermodynamik, ideale und reale
Kreisprozesse, Thermische Turbomaschinen, Komponenten,
Emissionen und Systeme

Bräunling, W.J.G.

2015, LXXXVIII, 2020 S. 1095 Abb., 360 Abb. in Farbe. In

2 Bänden, nicht einzeln erhältlich., Hardcover

ISBN: 978-3-642-34538-8